

**Manual técnico para la
selección, entrenamiento
y manejo de búfalos
de agua (*Bubalus
bubalis*) en labores de
arrastre de madera en
plantaciones forestales**

Ing. Verónica Villalobos Barquero.
Señor. Guillermo Mora Valladares.

Mayo, 2026

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN INNOVACIÓN FORESTAL

Manual técnico para la selección,
entrenamiento y manejo de
búfalos de agua (*Bubalus bubalis*)
en labores de arrastre de madera
en plantaciones forestales

Ing. Verónica Villalobos Barquero.
Señor. Guillermo Mora Valladares.

Mayo, 2026



Presentación

El presente manual tiene como propósito ofrecer una guía práctica y estructurada, para el amansamiento y entrenamiento de búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) destinados al arrastre de madera en plantaciones forestales. Su contenido integra de manera complementaria el conocimiento empírico acumulado por productores y bufaleros con amplia experiencia en campo, junto con evidencia científica generada a partir de investigaciones nacionales e internacionales, lo que constituye una de las principales fortalezas de este documento.

La información aquí presentada se fundamenta en experiencias reales de trabajo con búfalos de agua en condiciones tropicales de Costa Rica, observaciones técnicas sistemáticas y resultados de estudios que analizan el rendimiento, el impacto ambiental, la eficiencia operativa y el bienestar animal asociados al uso de esta especie en labores forestales. Esta combinación permite ofrecer lineamientos técnicamente sólidos, a la vez que aplicables y ajustados a la realidad productiva del país. A lo largo de los capítulos, se desarrollan de forma clara y secuencial, los aspectos fundamentales del manejo inicial, el proceso de entrenamiento, el comportamiento del búfalo de agua y las condiciones necesarias para su uso eficiente, seguro y ético en labores de arrastre de madera. Asimismo, se presentan los principales subproductos y servicios asociados a la especie, lo que facilita comprender su potencial integral dentro de sistemas productivos diversificados y de manejo sostenible de los recursos naturales.

Este manual está dirigido a productores, técnicos forestales, extensionistas, estudiantes, docentes, organizaciones comunitarias y personas interesadas en el uso de sistemas silvopastoriles y tecnologías de bajo impacto para el arrastre de madera, con el fin de fortalecer capacidades técnicas, promover prácticas responsables y contribuir a una silvicultura tropical más sostenible y resiliente.

LOS BÚFALOS SON, EN COMPARACIÓN CON LA ESPECIE BOVINA,
LO QUE UNA PIEDRA PRECIOSA EN BRUTO
ES FRENTE A OTRA TALLADA.

Jonas Camargo de Assummpcao



Guillermo Mora, bufalero con amplia experiencia en el manejo de búfalos de agua para arrastre de madera en plantaciones forestales de Costa Rica.



Agradecimiento especial

Este manual no solo es el resultado de procesos de investigación y extensión, sino también de la integración entre el conocimiento académico y el saber empírico construido en el campo. En este contexto, se reconoce de manera especial al señor Guillermo Mora Valladares, cuyo aporte ha sido fundamental en el desarrollo del uso de búfalos de agua para labores de arrastre de madera en Costa Rica.

A lo largo de su vida, ha dedicado su trabajo al sector forestal, desarrollando un conocimiento profundo y práctico en el manejo, entrenamiento y aprovechamiento de estos animales. Su experiencia ha sido clave en la implementación de sistemas de arrastre en condiciones reales de campo, así como en la validación de técnicas que hoy forman parte de este manual. Guillermo Mora ha colaborado activamente en procesos de investigación y extensión, participando en días de campo, capacitaciones y actividades académicas, donde ha compartido su conocimiento con estudiantes de universidades públicas, productores y profesionales del sector. Su disposición permanente para colaborar con la Escuela de Ingeniería Forestal del Tecnológico de Costa Rica ha permitido fortalecer la generación de conocimiento aplicado y su transferencia hacia el sector productivo. Gran parte de las prácticas descritas en este manual se sustentan en su experiencia, observación y trabajo continuo, lo que evidencia el valor del conocimiento empírico como base complementaria del desarrollo científico. Este documento constituye, por tanto, un reconocimiento a su trayectoria y a su contribución al fortalecimiento del sector forestal nacional, así como a todas aquellas personas que, desde la práctica, construyen y transmiten conocimiento fundamental para el desarrollo sostenible.

Verónica Villalobos Barquero

Tabla de contenido

Presentación	3
Agradecimiento especial.....	5
Tabla de contenido	6
CAPÍTULO I Introducción	7
CAPÍTULO II Características físicas del búfalo de agua (Bubalus bubalis).	9
CAPÍTULO III Aspectos a considerar para la selección de un animal de trabajo.	12
CAPÍTULO IV Entrenamiento.....	13
4.1 Amansamiento	13
4.2 Adiestramiento para labores de arrastre de madera	14
4.3 Uso de aperos y aditamentos	15
4.4 Equipo para el arrastre de madera	16
Sulky:	17
Carreta:.....	17
Pipante:	18
CAPÍTULO V Ventajas y limitaciones de los búfalos de agua como animales de trabajo en labores forestales.	20
5.1 Ventajas de los búfalos de agua	20
5.2 Limitaciones operativas y consideraciones de manejo	22
CAPÍTULO VI Eficiencia y rendimiento en labores de arrastre de madera de plantaciones forestales.	24
6.1 Rendimiento y eficiencia operativa	24
6.2 Impacto ambiental y conservación del suelo	25
6.3 Costos operativos y sostenibilidad económica	25
6.4 Perspectivas del uso de búfalos en la silvicultura tropical	25
CAPÍTULO VII Productos derivados del búfalo de agua (Bubalus bubalis).	27
7.1 Producción de leche y derivados.....	27
7.2 Búfalos para la producción de carne.....	28
CAPÍTULO VIII Conclusiones y recomendaciones	29
CAPÍTULO VIII Bibliografía.....	30

CAPÍTULO I

Introducción

La especie doméstica de búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) se ha convertido en un recurso estratégico en diversos sistemas productivos a nivel mundial. En 2020 se estimó una población global de aproximadamente 208 millones de cabezas, con presencia en 77 países de los cinco continentes (Minervino et al., 2020). Esta cifra representa un crecimiento respecto a la estimación previa de la década de 1990 de ~130 millones. Se sabe que, los búfalos de agua son uno de los animales más antiguos que existen, su origen data de hace unos 6 000 años en la India, específicamente en la cuenca del Indo, y desde allí la especie se dispersó hacia otras regiones de Asia, África y finalmente América (Zhang et al., 2019).

Aunque han transcurrido milenios desde su domesticación, el búfalo de agua conserva características deseables en una especie para el establecimiento de sistemas de producción que favorezcan el ambiente, la salud humana y la economía, frente a un ambiente natural tan transformado y en deterioro (Jiménez, 2011). Dada su gran rusticidad, longevidad y fuerza tuvo una rápida difusión en los países del norte de Sudamérica, especialmente en Venezuela, Colombia y Brasil (Almaguer, 2007), expandiéndose hasta llegar a Costa Rica en el año 1974.

Los primeros búfalos llegaron a Costa Rica mediante una importación que hizo la Junta de Administración Portuaria y de Desarrollo Económico de la Vertiente Atlántica (JAP-DEVA), con el objetivo de incorporar una nueva alternativa de producción animal para el atlántico costarricense. Para esa ocasión, se incorporó un hato compuesto por 18 hembras y 2 machos de la raza Bufalipso, sin embargo, para el año 2024, aunque los datos oficiales son escasos, se estima que la población bufalina de Costa Rica se aproxima a las 19 000 cabezas (Montenegro y Barrantes, 2024; Ortega, 2024). Gracias a su eficiencia productiva y reproductiva en condiciones adversas para el ganado vacuno, el búfalo se encuentra actualmente distribuido a lo largo de todo el territorio nacional. Esta especie destaca por su rusticidad general, longevidad prolongada, sistema digestivo adaptado a forrajes de baja calidad y alta capacidad de trabajo en terrenos anegados o difíciles para el ganado vacuno. Investigaciones recientes han documentado su resistencia al estrés térmico, eficiencia alimenticia de forrajes marginales y su alta capacidad para trabajar labores de arrastre de madera sobre suelos húmedos en comparación con otros rumiantes (Minervino et al., 2020; Villalobos-Barquero y Meza-Montoya, 2018). Estas cualidades los promueven como animales aptos para sistemas de producción de triple propósito (trabajo, carne, leche), especialmente en ambientes tropicales, pantanosos o forestales.

En los capítulos siguientes se abordan, de manera progresiva y complementaria, las características físicas y funcionales del búfalo de agua, los criterios para la selección de animales de trabajo y los principios del amansamiento y adiestramiento aplicados al arrastre de madera. Asimismo, se describen los equipos utilizados en las labores forestales, se analizan las ventajas, limitaciones, eficiencia y el impacto ambiental del sistema. Finalmente, el manual cierra con conclusiones y recomendaciones orientadas a fortalecer el uso responsable, eficiente y sostenible de los búfalos de agua dentro de los sistemas forestales tropicales.

CAPÍTULO II

Características físicas del búfalo de agua (*Bubalus bubalis*).

El búfalo de agua es una especie de gran versatilidad, se utiliza para carne, leche y labores de tracción, y se distingue por poseer un temperamento generalmente dócil, inteligente y curioso, lo que facilita su adaptación al trabajo humano (Minervino et al., 2020). Como animal de tiro, destaca por su fuerza, capacidad de aprendizaje y adaptabilidad en ambientes exigentes.

Gracias al clima tropical de Costa Rica, el búfalo de agua ha encontrado condiciones favorables para desarrollarse. Su rusticidad, le permite funcionar eficazmente en labores forestales incluso bajo condiciones que serían desfavorables para muchas otras especies de trabajo (Chiariotti et al., 2025); razón por la cual, la población de búfalos se incrementa día con día. En nuestro país, ha tenido una amplia adaptabilidad distribuyéndose en zonas secas como Guanacaste, en climas fríos como Cartago y en zonas calientes y con precipitaciones altas como lo es el Caribe.

Esta raza animal se caracteriza por representar bajos costos para el productor pues su alimentación y sus cuidados se limitan a aspectos básicos. Los búfalos de agua aprovechan todo tipo de forraje, incluyendo aquellos pastos y vegetación que son de muy baja calidad y que el ganado vacuno no utiliza. Barboza (2011) afirma que algunos científicos han empezado a recomendar y a usar el búfalo doméstico en beneficio de la naturaleza, utilizándolo como un medio de bajo costo para controlar y prevenir el crecimiento incontrolado de plantas en humedales naturales, esto, luego de varios estudios realizados incluso en áreas silvestres protegidas. En este sentido, se ha documentado que el búfalo convierte fibra de baja calidad en energía de manera más eficiente que el ganado vacuno convencional (El Debaky, 2019).

Por su peso, contextura y vida útil son animales ideales para el trabajo de carga, el tiro y la tracción. La longevidad del búfalo es tres o cuatro veces mayor que la de la vaca; puede durar entre 25 a 30 años con una vida útil reproductiva de entre 15 y 18 años, llegando a pesar entre 600 y 1200 kilogramos. Según Torres (2009), el búfalo puede arrastrar una carga de hasta seis veces su peso corporal; estas cargas pueden ser movilizadas por 3-4 horas continuas o por 6-8 horas diarias con intervalos de descanso.

El búfalo es una especie adaptable a diferentes climas, condiciones y ecosistemas. Son animales con una capacidad de resiliencia muy alta, resistentes a enfermedades y parásitos; además, el barro en el que se bañan ayuda a protegerlos de los mismos.

En Costa Rica, los búfalos no son animales muy conocidos por la población a pesar de que ya llevan más de 50 años en el mercado nacional. Por su aspecto físico y gran tamaño son vistos como animales salvajes debido al desconocimiento de sus cualidades domésticas y dóciles. Son animales fuertes y versátiles, utilizados principalmente para las actividades agroforestales, caracterizados por sus habilidades en situaciones adversas tanto de clima como de terreno.

El búfalo de agua más empleado en Costa Rica en labores forestales está representado por la especie *Bubalus bubalis* (Figura 1), especie en la que se concentra este manual, la cual es nativa de Asia. Se caracteriza por ser un animal doméstico, solo unas pocas manadas se mantienen en estado salvaje en la India e Indonesia. Presentan dos cuernos curvados hacia atrás, gran parte del cuerpo desprovisto de pelo y tiene un aspecto brillante y lustroso. Su peso oscila entre los 500 y 1500 kg y llega a medir hasta 1,8 m de altura. Es capaz de vivir en zonas encharcadas, en ríos y en lagos gracias a las pezuñas anchas y extensibles que posee (Almaguer, 2007).



Figura 1. Búfalo Asiático domesticado.

El búfalo doméstico o búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) pertenece a la gran familia Bovidae, subfamilia Bubalinae, género *Bubalus* y especie *bubalis*. Este género incluye 19 razas de las cuales el Murrah, Mediterránea, Jafarabadi, Carabao, y Bufalipso son las cinco mundialmente más reconocidas (Rosales, 2011). El cuadro 1 muestra las cualidades y las características propias de cada una de estas 5 razas:

Cuadro 1. Características de las razas del género *Bubalus*.

<p>Murrah</p>	<p>Posee cuernos cortos, delgados y pequeños, enroscados hacia atrás, piel negra o marrón, con pelos en la región del tórax, tienen pecho ancho y el dorso ligeramente curvo. La cola es larga con un anillo blanco en la borla. Está considerado como el búfalo más lechero, precoz y resistente a enfermedades. Los machos pueden llegar a pesar 1000 kilos mientras que la hembra 700.</p>	
<p>Mediterránea</p>	<p>De cuernos medianos, dirigidos hacia atrás y hacia los costados con las puntas cerradas hacia arriba y adentro, formando una media luna. La cara es larga y angosta, el cuerpo es ancho en relación con su largo y las patas son cortas y robustas. La cruz es prominente. En general es un animal compacto y musculoso. Tienen una buena conformación lechera y carnicera. Los machos pesan de 700 a 800 kilos y las hembras unos 600.</p>	
<p>Jafarabadi</p>	<p>Es la raza de mayor tamaño, de enorme capacidad torácica, lo que hace muy apta para producir leche ya que además tiene excelente conformación de ubre. Tiene un hueso frontal pesado y cuernos que descienden a los costados de la cara, delante de las orejas, terminando en un rulo. Excelentes productoras de carne. Su peso va de 700 a 1500 kilos en los machos y de 650 a 900 en las hembras.</p>	
<p>Carabao</p>	<p>Mejor conocido como búfalo de pantano, es un animal con cachos largos, poco corpulento, de frente plana y ojos predominantes. Utilizado como animal de trabajo, de tracción y productor de carne. Son animales muy nerviosos y propensos a formar problemas. Los machos pesan entre 600 y 700 kilos y las hembras pueden llegar a pesar 500.</p>	
<p>Bufalipso</p>	<p>Estos provienen de animales mestizos, su nombre se deriva de la unión de las palabras búfalo y calipso, este último el nombre de un baile típico de Trinidad-Tobago. Es un cruzamiento seleccionado para la producción de carne y leche. Los machos pesan entre 600 y 700 kilos y las hembras entre 450-500.</p>	

Fuente: Asociación Argentina de criadores de búfalos, 2010.

CAPÍTULO III

Aspectos a considerar para la selección de un animal de trabajo.

Las características físicas y biológicas de los futuros búfalos de trabajo determinarán en gran medida el rendimiento en las labores que realizarán. Algunas de las características evaluadas al momento de elegir un animal de trabajo deberán ser (Mora, 2025):

- **Contextura:** Se busca que el pecho del animal sea ancho, ya que, es con el pecho con el que ejercen la fuerza. Debe ser un animal con patas cortas y pezuñas anchas que tengan buen agarre en lugares con condiciones difíciles.
- **Cuernos:** El tamaño y forma de los cuernos depende de la raza del animal. Es preferible que no sean muy grandes y que no tengan una posición muy abierta para evitar cualquier tipo de daño al momento de amansar al animal.
- **Patas:** Será un criterio determinante para decidir si el animal califica o no para realizar labores forestales. Deben ser patas cortas y con los huesos bien desarrollados de manera que logren soportar el peso del animal junto con la carga de madera que transportará.
- **Sanidad:** además de las características descritas anteriormente, el búfalo de trabajo debe ser un animal totalmente sano, sin deformaciones ni enfermedades que le impidan en un futuro realizar correctamente las labores para las cuales fue entrenado.

Aunque estas características físicas son ideales para optimizar el desempeño en labores de arrastre, es fundamental destacar que ningún búfalo es inherentemente “malo” para el trabajo. Lo que verdaderamente determina su eficacia y adaptación a las tareas forestales es la calidad del adiestramiento, la paciencia del bufalero y el vínculo de confianza que se establezca entre el animal y su cuidador. Con un enfoque ético, constante y respetuoso, incluso animales que no cumplen todos los criterios físicos ideales pueden convertirse en compañeros de trabajo eficientes y confiables, demostrando que el potencial del búfalo radica tanto en su constitución como en la forma en que se le guía y entrena.

CAPÍTULO IV

Entrenamiento.

El entrenamiento de un animal de trabajo está compuesto por dos grandes etapas: el amansamiento y el adiestramiento. Antes de la etapa de adiestramiento, el animal debe acostumbrarse a la presencia de los humanos por medio de prácticas que lleven a amansarlo. Estudios recientes, indican que, la familiarización temprana del animal con el entorno, las personas, los ruidos y los posibles dispositivos de trabajo mejora su respuesta al adiestramiento y reduce respuestas de estrés (Rodríguez-González et al., 2022). Como lo expresan Cordero et al., (1995), en aprovechamientos forestales pequeños, los animales de trabajo están en contacto frecuente con varias personas como el sierrero y sus colaboradores; mientras que en aprovechamientos forestales grandes, debe de estar en contacto además, con otras tecnologías de aprovechamiento forestal como un tractor agrícola o tractor de oruga entre otros. En estos casos, el búfalo deberá ser capaz de convivir con personas, ruidos y condiciones de estrés propias de la actividad forestal.

4.1 Amansamiento

Es importante, visualizar a temprana edad los animales que serán entrenados. Cuando se tiene certeza de que el animal es un fuerte candidato para ser entrenado, este se debe separar de la manada con el objetivo de que el animal se identifique más con la persona y menos con la manada. La separación debe hacerse desde pequeños, al menos un par de horas en la mañana y un tiempo similar por la tarde todos los días con el fin de acostumbrarlos a estar solos. Como primer paso, es importante que cada animal tenga un nombre corto y único con el que será llamado por el resto de su vida. El amansamiento inicia en los ratos en los que el animal es separado de su manada, durante esas horas se inicia el proceso amarrando al bucalero de un árbol de manera que se acostumbre al contacto con la persona que será la encargada de su adiestramiento y se minimice la bravura del animal. Esta primera tarea es de gran importancia, ya que, si el animal es golpeado o maltratado puede quedar traumatado, impidiendo o dificultando su entrenamiento. Durante esta etapa, el bufalero, que es la persona encargada de trabajar diariamente con el animal y de brindar las órdenes, será el responsable de tranquilizar al búfalo de agua. Los movimientos que realice el bufalero deben ser lentos, constantes y deben realizarse, en primera instancia, en lugares del cuerpo en donde el búfalo pueda observar en todo momento lo que la persona hace, evitando que éste se asuste. En cada acercamiento, el bufalero deberá repetir constantemente el nombre del animal hasta que el búfalo se identifique. El procedimiento debe repetirse todos los días o cada dos días hasta que el bufalero logre ganar la confianza del animal.

Una manera práctica para que el bufalero gane la confianza del búfalo es proporcionando alimento, sales o minerales a manera de premio por la labor realizada día a día. Luego de estar amarrado por algunas horas, es importante que el bufalero sea quien le suministre la comida y el agua, con el objetivo de que el búfalo de agua reconozca en él a un amigo. Una vez cumplida la fase de amansamiento y si el búfalo de agua demuestra comportamientos tranquilos, se procede a realizar el adiestramiento. En esta etapa del proceso se coloca la argolla nasal. Este dispositivo, el cual debe colocarse semanas antes de iniciar con el adiestramiento, permite un mayor control del animal mediante una soga insertada en la argolla, la cual debe usarse con moderación para evitar provocarle daño o traumas (Mota-Rojas et al., 2021). Es esencial que, la colocación de la argolla se realice de forma ética y profesional, evitando que sea confundida con maltrato. La argolla deberá ser utilizada con muy poca frecuencia y en las ocasiones estrictamente necesarias, evitando que se genere un cayo en la nariz del animal y el objetivo final del argollado no se cumpla.

4.2 Adiestramiento para labores de arrastre de madera

El objetivo del adiestramiento es lograr que durante el proceso los animales aprendan a obedecer las órdenes necesarias para realizar un determinado trabajo, en este caso, el arrastre de madera en los aprovechamientos forestales de plantaciones, órdenes que son impartidas por la persona que los dirige. Las órdenes son palabras únicas para cada una de las acciones que el búfalo debe realizar, por ejemplo: adelante, atrás, doble a la derecha, doble a la izquierda, detenerse, entre otras. Según Mora (2025), no importa si el vocabulario es diferente al empleado por algún otro bufalero de la zona o por los boyeros, lo trascendental, es que, la persona encargada del adiestramiento utilice siempre la misma palabra escogida para cada una de las acciones específicas, evitando así, confusiones en el animal. El proceso de adiestramiento es largo y requiere de mucha paciencia por parte del bufalero.

De acuerdo con Paján-Jiménez et al (2023), la duración del adiestramiento dependerá de los factores como la edad, ya que, entre más joven inicie el bucerro con el adiestramiento, más fácil será dicho proceso. Una edad óptima para iniciar el adiestramiento está entre el año y medio y los dos años; el carácter: es importante que el futuro animal de trabajo muestre un carácter fuerte, ya que, con ese brío realizarán las labores de arrastre de madera; y la experiencia del adiestrador pues no toda persona, aunque haya trabajado anteriormente con búfalos, será capaz de adiestrar a este animal para realizar labores forestales.

Dentro del proceso el búfalo deberá aprender a convivir con las personas en un ambiente laboral, aprender a caminar, a utilizar los aditamentos, a acostumbrarse a los horarios de trabajo, entre otras cosas.

4.3 Uso de aperos y aditamentos

Uno de los aspectos que toma más tiempo es lograr que el búfalo utilice los aditamentos necesarios para el arrastre de madera. Los animales deberán adaptarse a los aperos, a su peso, al procedimiento de ponerlos y de quitarlos, además en el caso de los búfalos utilizados en Costa Rica, deberán aprender a caminar con el “Sulky” o la carreta que facilita el transporte de madera en trozas. A nivel nacional, existen diversos diseños de aperos elaborados con distintos materiales, como el cuero. Sin embargo, su uso en labores de arrastre de madera presenta desventajas prácticas al finalizar la jornada, estos aperos suelen quedar expuestos en el campo, lo que los hace vulnerables al robo. Además, se ensucian en exceso debido al lodo, el barro y las condiciones exigentes del trabajo forestal, dificultando su mantenimiento y reduciendo su vida útil, por esta razón, en la mayoría de los casos, se emplean aditamentos (Figura 2) de bajo costo de adquisición y hechos empíricamente por los mismos productores y criadores de búfalos. Algunos de los aditamentos son los siguientes:

- La pechera: es la que sostiene todo el conjunto de aperos. Conformada principalmente por una llanta de hule cortada a la mitad y una serie de cadenas envueltas en una manguera para evitar el contacto directo con la piel del animal. La llanta va colgada al cuello y desde la llanta salen las cadenas que amarran el sillín y el freno. La pechera transmite la fuerza que ejerce el animal para poder mover las trozas, es decir, como el animal hace la mayor cantidad de fuerza con el pecho, es por medio de la pechera y las cadenas que están sujetas a esta que logra arrastrar los fustes en la dirección que él se mueve.
- El sillín: se le conoce con ese nombre al aditamento que va colocado encima del animal que tiene por función mantener el freno y la pechera en su lugar de manera que puedan cumplir su función
- El freno: el freno impide que las trozas que están siendo arrastradas golpeen al búfalo en los momentos en los que el animal se detiene o va a favor de la pendiente. La correa del freno rodea los cuartos traseros del animal y cada uno de sus extremos va amarrado a la carreta.
- El balancín: este aditamento es el utilizado para realizar las labores de arrastre de madera, es un tubo galvanizado que está sujetado por una cadena en cada extremo y estas a su vez se sujetan a la pechera, incluye un gancho en el medio de la barra del cual se sujeta la cadena o mecate que amarrará la carga de madera.
- Las cadenas: las cadenas utilizadas van aseguradas de un extremo a la pechera, mientras que en el otro extremo sujetan el balancín que es el aditamento al cual se engancha la cadena que amarra las trozas a ser arrastradas. Como se mencionó anteriormente, estas cadenas deben introducirse en una manguera para evitar dañar al animal con su roce.

- Pelero: se le conoce como pelero al cobertor o harapo sobre el cual va colocado el sillín. Su principal función es proteger la piel del animal de la fricción causada por el sillín durante el arrastre de madera.

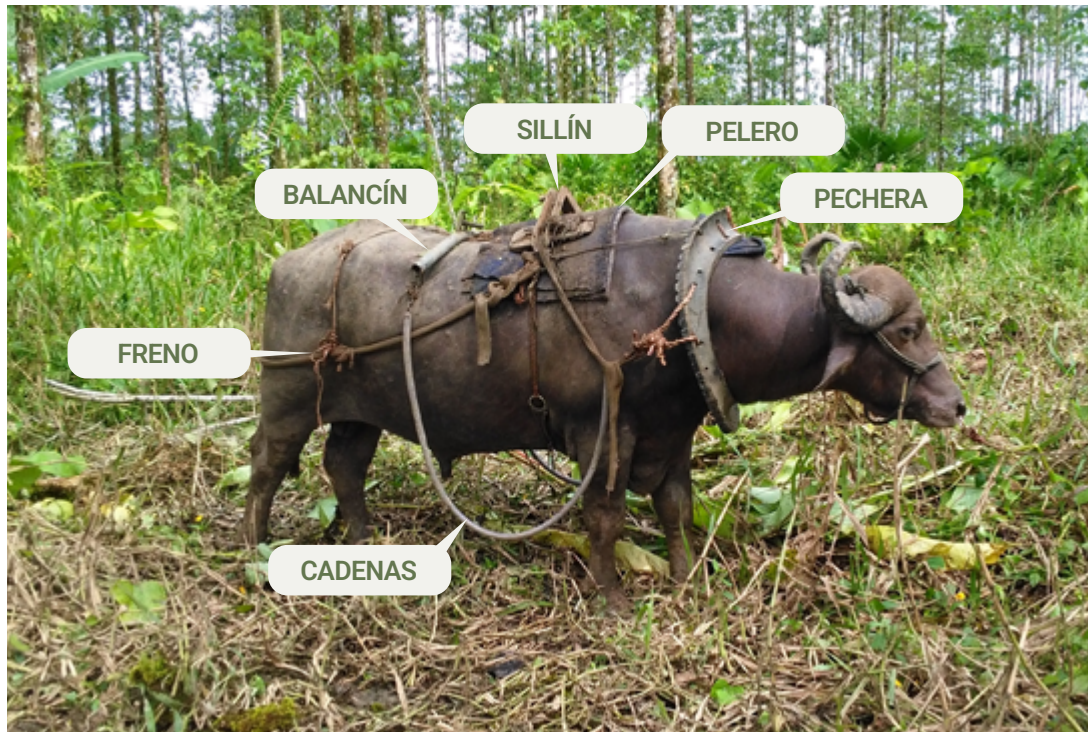


Figura 2. Aditamentos utilizados para el arrastre de madera de plantaciones forestales.

4.4 Equipo para el arrastre de madera

El objetivo de esta fase del adiestramiento es que, los animales se familiaricen con los equipos que se utilizan en el sector forestal para el arrastre de la madera. El proceso de entrenamiento es similar para el sulky, la carreta y el pipante. Lo primero es que el animal conozca cada uno de los aditamentos, los sienta y entienda cómo caminar con ellos.

La fase de familiarización ronda un período de 30 días, sin embargo, el entrenamiento es constante y podría durar años, ya que, todos los días el animal aprenderá algo nuevo y perfeccionará las señales ya aprendidas. Posterior al periodo de familiarización, se coloca una ligera carga para que el búfalo de agua la arrastre en distancias cortas y condiciones favorables, para luego ir aumentando paulatinamente el peso de la carga y las distancias de arrastre. Al final de 4 meses el animal estará listo para arrastrar madera con ayuda de un sulky o de una carreta.

Sulky:

El primer aditamento es el más utilizado en el sector forestal para el arrastre de madera en distancias largas. El sulky es una especie de arco de madera compuesto por dos timones que van amarrados en cada uno de los costados del animal (Figura 3), y cumple la función principal de elevar los fustes del suelo de manera que se disminuya la fricción entre la madera y el suelo. Este equipo hace que una parte del peso de la carga se transfiera a él lo que aumenta el rendimiento de los animales.



Figura 3. Sulky utilizado para el arrastre de madera de plantaciones forestales.

Durante el adiestramiento el bufalero deberá enseñarle al búfalo cómo caminar con el sulky, cómo virar hacia los lados y cómo caminar hacia atrás de manera que el sulky se acomode entre los fustes colocados en los patios de acopio.

Carreta:

La carreta (Figura 4) es otro de los aditamentos utilizados en el sector forestal, su función principal es transportar madera en troza, generalmente en dimensiones pequeñas, desde la plantación hasta un aserradero cercano o desde la plantación hasta un patio de acopio cuando las condiciones de clima y de terreno lo permiten. Durante la utilización de la carreta el animal deberá ser entrenado para sobrellevar gran cantidad de peso en distancias que podrían superar un kilómetro.



Figura 4. Carreta utilizada para el arrastre de madera de plantaciones forestales.

Pipante:

Se conoce como pipante a una placa de metal cuya parte frontal está ligeramente curvada hacia arriba, de manera que se deslice sobre el suelo y no se incruste, disminuyendo la fricción durante el arrastre de madera. Si bien, el pipante no es utilizado con mucha frecuencia, como parte del adiestramiento se deberá enseñar al búfalo a manejar este aditamento. Los pipantes son comúnmente utilizados para transportar pequeñas cantidades de madera en troza, en condiciones de terreno muy adversas para el búfalo (Figura 5).



Figura 5. Pipante utilizado para el arrastre de madera de plantaciones forestales.

El adiestramiento de los búfalos de agua para labores de arrastre no concluye en un plazo fijo. Aunque un animal puede aprender las órdenes básicas y realizar la tarea principal después de varios meses de entrenamiento, el proceso debe considerarse continuo y progresivo. Conforme avanzan las operaciones forestales, surgen nuevas situaciones,

recorridos, cargas y maniobras que requieren que el búfalo siga perfeccionando sus respuestas y ajustándose al entorno de trabajo. Por estas razones, el adiestramiento se considera una actividad permanente, construida día a día mediante la repetición, la confianza y la interacción constante entre el animal y su manejador.

De igual forma, la eficiencia del sistema depende en gran medida de la formación y actualización continua de los bufaleros. Un manejador capacitado comprende el comportamiento del animal, aplica correctamente las órdenes, reconoce signos tempranos de fatiga o estrés y utiliza los aperos de forma segura. La capacitación técnica, incluyendo bienestar animal, ergonomía del trabajo, manejo de carga y estrategias para maximizar el rendimiento, es esencial para garantizar operaciones forestales más seguras, productivas y respetuosas con el animal.

CAPÍTULO V

Ventajas y limitaciones de los búfalos de agua como animales de trabajo en labores forestales.

El búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) ha sido utilizado en Costa Rica como animal de trabajo desde hace más de cuatro décadas. No obstante, su incorporación formal como una tecnología eficiente dentro de las labores forestales ha sido lenta, principalmente, por el limitado conocimiento técnico y la escasa experiencia de los productores en su manejo. Sin embargo, diversos estudios desarrollados en el país han demostrado que el uso del búfalo de agua representa una alternativa ambientalmente sostenible y económicamente viable para el arrastre de madera en plantaciones forestales tropicales. Contrario a lo que se cree, el vigor y la fuerza de un búfalo crece conforme aumenta su peso corporal llegando a trabajar hasta 25 años y a pesar hasta 1500 kilogramos, presentando sus mejores rendimientos entre los 8 y 20 años (Mora, 2025).

5.1 Ventajas de los búfalos de agua

Una de las grandes ventajas que presentan los búfalos de agua es la adaptabilidad. Si bien, es cierto que el búfalo trabaja mejor en ciertas condiciones climáticas, son capaces de adaptarse a las condiciones de clima y terreno que se les presenten. Las inundaciones propias de las condiciones climáticas de Costa Rica obligan a los ganaderos a mover el ganado vacuno a otras tierras, problema que no se tiene con los búfalos de agua pues el barro y el agua son parte de su hábitat natural. Algunas otras pruebas de adaptabilidad demuestran que, los búfalos ubicados en la región de Cartago les crece el pelo más de lo normal protegiéndolos del frío. En Guanacaste, por ejemplo, existen gran cantidad de búfalos de agua trabajando en labores de arrastre de madera a los que se les provee de suficiente agua y lodo para que puedan mantener sus rendimientos día a día.



Figura 6. Condiciones de trabajo de los búfalos de agua.

Otras de las ventajas es la alimentación. Los bufaleros afirman que, estos animales no son exigentes en su alimentación; ya que, además, de las sales y vitaminas necesarias para que un animal se mantenga saludable para realizar sus labores, los búfalos de agua se caracterizan por alimentarse de variedades de pastos muy comunes y de baja calidad que a menudo son rechazados por el ganado vacuno. Según Simón y Galloso (2011), el búfalo presenta una alta eficiencia en la utilización de los nutrientes, datos que son reforzados por Muñoz (2002) como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Diferencias en la digestibilidad entre la vaca y la búfala.

Característica	Vaca (<i>Bos</i>)	Búfala (<i>Bubalus</i>)
Digestibilidad para paja de trigo	24,30%	30,70%
Digestibilidad para paja de arroz	64,70%	79,80%
Digestibilidad para la celulosa de algunas especies de trébol	34,60%	52,20%

Fuente: Muñoz (2002).

Aparte de alimentarse, el búfalo mantiene la plantación limpia, sin vegetación, evitando que se enmonte y proporcionando al productor bajos costos de mantenimiento y un ahorro en mano de obra por la chapia de las plantaciones. Por esta razón, el búfalo es considerado por los productores como animales aptos para preparar la finca, es decir, animales ideales para renovar pasturas descuidadas y restaurar fincas abandonadas.





Figura 7. Alimentación de los búfalos de agua

La longevidad de los búfalos de agua sin duda se convierte en otra gran ventaja competitiva sobre los bueyes u otros animales de trabajo. Se calcula que los búfalos pueden vivir más de 30 años, de los cuales de 15 a 20 años están en condiciones óptimas para trabajar mientras que el ganado vacuno puede llegar a vivir de 10 a 12 años de los cuales puede trabajar un máximo de 8.

5.2 Limitaciones operativas y consideraciones de manejo

Como limitantes es importante reconocer que, el búfalo de agua al igual que los bueyes, puede arrastrar cantidades de madera diaria muy bajas si se comparan con la tecnología mecanizada. Estos animales son sumamente fuertes debido a su peso corporal, sin embargo, son muy lentos a la hora de arrastrar la madera. Anudado a esto, por ser un animal “de agua” no es recomendable que trabaje las horas en las que la incidencia del sol es directa, de esta manera el búfalo trabaja de 6 am a 10 am, descansa de 10 am a 1 pm y vuelve a trabajar de 1 pm a 5 o 6 pm. Es necesario que durante esas “horas sol” el animal permanezca en la sombra y con suficiente agua que le permita recuperarse. Es por esta razón que, cuando se ejecuta el aprovechamiento forestal se deben planificar adecuadamente las pistas de saca y el orden del aprovechamiento, de tal forma que, el búfalo no quede expuesto al sol. Una de las recomendaciones es dejar en pie los árboles que van justo al lado de las pistas, para que provean de sombra el paso del animal por las pistas. De la Cruz-Cruz et al., (2014) mencionan que la exposición de los búfalos a temperaturas elevadas provoca una serie de cambios drásticos en sus funciones biológicas, y que estos cambios resultan en deterioro de la producción, rendimiento y en su reproducción.

Fuera del ámbito de trabajo, el búfalo tiene la gran limitante de ser un animal dominante por naturaleza. En el hato de un productor puede haber bucerros más no búfalos jóvenes que representen competencia para el macho reproductor de la manada. A pesar de su do-



cialidad, los búfalos defienden a las hembras y no toleran la presencia de otro macho cerca de ellas, lo que representa un problema cuando lo que se busca es aumentar el número de los hatos. En el sector forestal la desventaja se muestra cuando se desea realizar un aprovechamiento intensivo y se necesitan más de dos búfalos en la misma plantación, los animales deben tener una distancia considerable entre sí y preferiblemente que no lleguen a hacer contacto visual para evitar riñas.



CAPÍTULO VI

Eficiencia y rendimiento en labores de arrastre de madera de plantaciones forestales.

El búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) se ha consolidado en los últimos años como una alternativa sostenible y eficiente para las labores de extracción de madera en plantaciones forestales tropicales. Su empleo en sistemas de arrastre controlado permite reducir significativamente el impacto ambiental, mejorar la rentabilidad de las operaciones y optimizar el aprovechamiento de los recursos forestales en terrenos sensibles o con alta humedad (Villalobos-Barquero et al., 2018).

6.1 Rendimiento y eficiencia operativa

Los estudios desarrollados en Costa Rica por Villalobos-Barquero y colaboradores (2017, 2018, 2019) en plantaciones de *Gmelina arborea* en la provincia de Limón demostraron que, los búfalos de agua alcanzan rendimientos de arrastre promedio de 2,5 a 3,2 m³/hora, dependiendo de las condiciones del terreno, la distancia media de arrastre y la experiencia del bufalero. Diversos ensayos operativos realizados en plantaciones forestales del Caribe costarricense indican que la distancia óptima de arrastre para el búfalo de agua se sitúa entre 60 y 100 m, rango dentro del cual se maximiza el rendimiento horario sin comprometer el bienestar animal ni la eficiencia energética del sistema (Villalobos-Barquero et al., 2018; 2019). A partir de distancias superiores a 100 m, se observa una disminución progresiva del rendimiento (m³/h), asociada a mayores tiempos de desplazamiento, incremento de la fatiga del animal y necesidad de pausas más frecuentes. Por esta razón, se recomienda diseñar los patios de acopio y la red de pistas de arrastre de manera que las distancias promedio no superen dicho umbral, o bien implementar sistemas combinados búfalo–tractor, donde el búfalo realice el arrastre primario y el tractor el acarreo principal, optimizando así el desempeño global de la operación.

La eficiencia operativa del sistema fue comparable a la de equipos mecanizados ligeros en terrenos húmedos, con la ventaja de requerir menor inversión y mantenimiento.

En condiciones de plantaciones jóvenes o con alta densidad de regeneración natural, los búfalos demostraron una mayor maniobrabilidad y menor daño a los árboles remanentes que los tractores agrícolas, siendo especialmente ventajosos en áreas con pendientes suaves o suelos saturados de agua. Además, el sistema combinado de búfalos y tractor

propuesto por Villalobos-Barquero et al., (2018) logró aumentar el rendimiento general de la operación en un 18 %, reduciendo el consumo de combustible del tractor en un 35 % al limitar su intervención a las zonas de acarreo principal.

6.2 Impacto ambiental y conservación del suelo

El impacto del tránsito de búfalos sobre las propiedades físicas del suelo fue objeto de análisis en plantaciones forestales del Caribe costarricense (Villalobos-Barquero y Meza-Montoya, 2019). Los resultados mostraron que la densidad aparente del suelo en las huellas de tránsito de los animales se incrementó apenas un 4,7 %, mientras que el tránsito de tractores provocó aumentos de hasta un 23 % en la misma variable. Esto confirma que el uso de búfalos en operaciones de arrastre mantiene la estructura del suelo más estable, favoreciendo la infiltración de agua y la regeneración vegetal. De acuerdo con observaciones en campo, el tránsito repetido de los animales no generó erosión superficial ni compactación profunda. Esta ventaja se atribuye al bajo peso corporal relativo de los búfalos y a la amplia superficie de contacto de sus pezuñas, lo que distribuye la presión ejercida sobre el terreno. Diversos estudios internacionales corroboran estos resultados, destacando la menor compactación y perturbación del suelo en sistemas forestales que emplean animales de tiro frente a maquinaria pesada (Moro et al., 2003; Dafonte et al., 2019).

6.3 Costos operativos y sostenibilidad económica

El análisis comparativo de costos realizado por Villalobos-Barquero et al. (2019) determinó que, el costo total por metro cúbico de madera extraída con búfalos fue entre un 25 % y 40 % inferior al del uso exclusivo de maquinaria, considerando gastos de alimentación, descanso, bufalero y amortización del animal. A esto se suma que, la inversión inicial en el sistema bubalino es significativamente menor, y su mantenimiento requiere recursos locales y conocimientos tradicionales, lo que fortalece la economía rural y comunitaria. El uso de búfalos como fuerza de tracción forestal se alinea con los principios del manejo forestal sostenible, al minimizar el uso de combustibles fósiles, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y preservar la calidad del suelo.

6.4 Perspectivas del uso de búfalos en la silvicultura tropical

Desde una perspectiva más amplia, el uso de búfalos de agua en la silvicultura tropical ofrece varias ventajas estratégicas:

- Permite la inclusión de productores pequeños y medianos, que frecuentemente carecen de acceso a maquinaria forestal costosa.
- Favorece un modelo de extracción más sostenible, al reducir la dependencia de combustibles fósiles y minimizar el daño al suelo.

- Contribuye a la economía local, ya que, los búfalos de agua también pueden usarse para producción de leche o carne en otros ciclos productivos.
- Posibilita operaciones forestales en áreas remotas o de difícil acceso, donde la maquinaria convencional no puede operar eficientemente.

En resumen, la evidencia técnica y operativa acumulada respalda que los búfalos de agua no solo representan una alternativa viable para la extracción de madera en plantaciones tropicales; sino también, una tecnología de bajo impacto y alta adaptabilidad, con potencial para fomentar sistemas forestales más sostenibles y equitativos.

CAPÍTULO VII

Productos derivados del búfalo de agua (*Bubalus bubalis*).

El búfalo de agua es reconocido internacionalmente como un animal multipropósito que puede aportar trabajo, carne y leche en sistemas productivos de pequeña y mediana escala. Aunque en Costa Rica el aprovechamiento de sus subproductos aún es limitado, la tendencia global muestra un incremento en la producción y consumo de productos bubalinos, debido al valor de su eficiencia productiva y calidad nutricional.

7.1 Producción de leche y derivados

La leche de búfala se caracteriza por un mayor contenido de sólidos totales, grasa y proteína en comparación con la leche bovina, lo cual la hace especialmente adecuada para la elaboración de quesos y otros productos lácteos de alto valor agregado (Roy et al., 2020; Wang et al., 2024). La calidad de la leche se mide según su composición láctea, en especial los porcentajes de grasa. Simón y Galloso (2011) obtuvieron mediante un estudio datos de grasa, proteína, lactosa y sólidos, los resultados se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Comparación de la leche bubalina con la de otras especies (%).

Tipo	Grasa	Proteína	Lactosa	Sólidos totales
Búfala	7,64	4,36	4,83	17,96
Vaca europea	3,90	3,47	4,75	12,82
Cebú	4,97	3,18	4,59	13,45
Humana	3,90	1,30	7,00	12,45

Fuente: Simón y Galloso (2011).

Por otra parte, el rendimiento en la producción de queso mozzarella es superior al obtenido con leche de vaca, ya que, con sólo 5 litros de leche de búfala se logra obtener 1 kilo de este tipo de queso, mientras que, para obtener 1 kilo de queso a partir de leche de vaca, se necesitan 12,5 litros de leche, lo que convierte a la transformación artesanal o semiindustrial en una alternativa rentable para pequeños y medianos productores. Estudios recientes confirman la eficiencia de la leche de búfala para procesos queseros de tipo artesanal e industrial (Sales et al., 2020). Para productores forestales que utilizan

búfalos en labores de arrastre y desean diversificar, se recomienda implementar buenas prácticas de ordeño, higiene y refrigeración inmediata. Una de las grandes ventajas que presenta la leche de búfala con respecto a la de vaca es que, se ha comprobado que incluso las personas intolerantes a la lactosa pueden consumir sin ningún problema la leche de búfala.

7.2 Búfalos para la producción de carne

En cuanto a la producción de carne y comparándolo con el ganado vacuno, una característica del búfalo es la precocidad, esto quiere decir que, produce mayor cantidad de carne en menos tiempo y a un menor costo. La carne del búfalo de agua presenta menor contenido de grasa intramuscular y niveles inferiores de colesterol respecto a la carne bovina, manteniendo un aporte proteico adecuado y un perfil lipídico favorable, especialmente cuando los animales se desarrollan en sistemas de pastoreo (Rodríguez et al., 2024; da Silva et al., 2022). Si la producción de carne se incorpora como actividad complementaria, es recomendable planificar el sistema de recría y engorde utilizando pasturas mejoradas y subproductos disponibles localmente, lo que contribuye a mejorar la eficiencia productiva y reducir costos.

Si bien la producción de leche, carne y otros subproductos del búfalo de agua representa una oportunidad relevante para diversificar los sistemas productivos rurales y mejorar la rentabilidad de las fincas, es importante subrayar que, en el contexto de este manual, estos aprovechamientos tienen un carácter complementario. El eje central del documento es la selección, el manejo y el entrenamiento del búfalo de agua como animal de trabajo para el arrastre de madera en plantaciones forestales. Los productos derivados deben entenderse como beneficios adicionales que pueden incorporarse de forma estratégica según la capacidad técnica, las condiciones de mercado y los objetivos productivos de cada sistema, sin comprometer el bienestar del animal ni la eficiencia de su función principal en las labores forestales.



Manual técnico para la selección, entrenamiento y manejo de búfalos de agua (Bubalus bubalis) en laXbores de arrastre de madera en plantaciones forestales

CAPÍTULO VIII

Conclusiones y recomendaciones

El uso de búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) en labores de arrastre dentro de plantaciones forestales constituye una alternativa técnica, económica y ambientalmente viable para el sector forestal costarricense. Los resultados documentados en estudios nacionales muestran que los búfalos presentan un excelente desempeño en suelos húmedos o anegados, reducen significativamente la compactación del suelo y permiten operaciones de saca sostenibles, incluso en áreas donde la maquinaria pesada no puede ingresar sin causar daños severos.

Su capacidad de adaptación, fuerza, docilidad, bajo requerimiento nutricional y larga vida útil los convierten en animales estratégicos para sistemas forestales de pequeña y mediana escala. Además, su aporte como animales multipropósito (trabajo, leche y carne) amplía las posibilidades productivas del productor rural, y contribuye a la diversificación económica limitada por el monocultivo forestal.

El entrenamiento adecuado, la correcta selección del animal de trabajo, el uso apropiado de aperos y un manejo ético y responsable garantizan la eficiencia del sistema y el bienestar del animal. Asimismo, los búfalos ofrecen una alternativa compatible con enfoques modernos de bioeconomía, producción sostenible y reducción de emisiones.

Se recomienda ampliar los programas de formación práctica sobre manejo, amansamiento y entrenamiento de búfalos para arrastre, con énfasis en técnicas de aparejo, seguridad, ergonomía laboral y bienestar animal. La consolidación de operadores especializados mejora de forma significativa el rendimiento y disminuye incidentes en campo.

Debido a su eficiencia en terrenos húmedos, su tranquilidad y su baja alteración del suelo, se sugiere difundir activamente la opción del búfalo como alternativa viable y sostenible para operaciones de extracción a pequeña y mediana escala, especialmente en zonas con limitaciones para maquinaria pesada.

Es fundamental continuar generando estudios locales sobre rendimiento, costos, ergonomía del trabajo, impacto ambiental, bienestar animal y eficiencia operativa en distintos tipos de plantaciones. Estos resultados permiten ajustar prácticas y respaldar técnicamente la expansión del sistema de arrastre con búfalos.

CAPÍTULO VIII

Bibliografía.

- Almaguer, Y. (2007). *El búfalo, una opción de la ganadería*. Revista Electrónica de Veterinaria (REDVET), 8(8). Recuperado de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080807/080709.pdf>
- Barboza, G. J. (2011). Bondades ecológicas del búfalo de agua: camino hacia la certificación. *Tecnología en Marcha*, 24(5), 82.
- Chiariotti, A., Castellini, C., Bartocci, S., Terramoccia, S., Campodoni, G., y Trabalza-Marinucci, M. (2025). Water buffalo's adaptability to different environments and farming systems: A review. *Animals*, 15(11), 1538. <https://doi.org/10.3390/ani15111538>
- Cordero, W., Frisk, T., y Dykstra, D. (1995). *Uso de bueyes en operaciones de aprovechamiento forestal en áreas rurales de Costa Rica* (Estudio monográfico No. 3). FAO.
- Dafonte, J., Rodríguez, L., Costa, L., Carvalho, M., y García, R. (2019). TER para detectar impactos sobre propiedades físicas del suelo resultantes del laboreo con tracción animal y motorizada. En *Estudios en la ZNS* (Vol. XIV). https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/21008/1/Libro-Estudios-en-la-ZNS-vol-XIV_2019.pdf
- De la Cruz-Cruz, L., Maitre-Guichard, E., Gasperín-Marín, J., Guerrero-Legarreta, I., y Mota-Rojas, D. (2014). El bienestar del búfalo de agua en sistemas agrosilvopastoriles. *Producción Animal*. Recuperado de <http://www.produccion-animal.com.ar/>
- El Debaky, H. A. (2019). Potential of water buffalo in world agriculture. *Animal Frontiers*, 9(5), 32–38. <https://doi.org/10.1093/af/vfz041>
- Minervino, A. H., Zava, M., Vecchio, D., y Borghese, A. (2020). Bubalus bubalis: A short story. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 570413. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.570413>
- Montenegro Ballesteros, E., y Barrantes Guevara, A. (2024). Evolución poblacional del búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) durante el período 1983–2025 en Costa Rica. *Alcances Tecnológicos*, 17(2), 45–53. https://revista.inta.go.cr/index.php/alcances_tecnologicos/article/view/246
- Mora Valladares, G. (2025). Comunicación personal. Criador y adiestrador de búfalos de agua. Sahara de Batán, Limón, Costa Rica.
- Moro, E., Gutiérrez, N., Canteros, M., Balbuena, O., D'Agostini, A., y Gándara, F. (2003). *Efecto de la carga animal sobre la compactación del suelo*. Producción Animal. <https://>

www.produccion-animal.com.ar/suelos_ganaderos/24-efecto_carga_sobre_compactacion_del_suelo.pdf

- Mota-Rojas, D., Flores-Pérez, I., Martínez-Burnes, J., Casas-Alvarado, A., Roldan-Santiago, P., y Gómez-Prado, J. (2021). The use of draught animals in rural labour. *Animals*, 11(9), 2683. <https://doi.org/10.3390/ani11092683>
- Muñoz, M. (2002). *Producción de búfalos: Una alternativa para leche, carne y fuerza de trabajo*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. <http://www.unas.edu.pe/revistas/index.php/revia/index>
- Ortega Campos, M. (2024, mayo 12). *Ganado bufalino crece como alternativa productiva en Costa Rica*. La Nación. <https://www.nacion.com/economia/agro/ganado-bufalino-crece-como-alternativa-productiva/447KDBVWIJAPLOGUTX7GQ6GBFY/story/>
- Paján-Jiménez, V., Mendoza-Rodríguez, N., Paredes-Paredes, M., Defaz-Lara, L., y García-Vera, T. (2023). Effects of different load weights on the work performance and physiological responses of working buffaloes. *Animals*, 13(1). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10750744/>
- Rodríguez, L. S., Hernández, J. C., Osorio, A. M., Gómez, R. M., y Pérez, D. L. (2024). A review of the nutritional aspects and composition of buffalo meat and products. *Animals*, 14(11), 1618. <https://doi.org/10.3390/ani14111618>
- Rodríguez-González, D., Minervino, A. H. H., Orihuela, A., Bertoni, A., Morales-Canela, D. A., Álvarez-Macías, A., José-Pérez, N., Domínguez-Oliva, A., y Mota-Rojas, D. (2022). Handling and physiological aspects of the dual-purpose water buffalo system in the Mexican humid tropics. *Animals*, 12(5), 608. <https://doi.org/10.3390/ani12050608>
- Rosales, R. (2011). Situación del búfalo de agua en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 24(5), 19–29.
- Roy, D., Ye, L., Moughan, P. J., y Singh, R. (2020). Composition, structure and digestive dynamics of milk: A comparative review with emphasis on buffalo milk. *Frontiers in Nutrition*, 7, 577759. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7165310/>
- Sales, D. C., Pinto, A. H., D'Angelo, J. V. H., y Sant'Ana, F. (2020). Factors affecting buffalo mozzarella cheese yield in the Italian industry. *Food Science and Technology*. <https://www.scielo.br/j/cta/a/qzTddvGDQmTrrFMfBFvWTvD/>
- Simón, L., y Galloso, M. (2011). Presencia y perspectivas de los búfalos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 34(1), 3–20. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v34n1/pyf01111.pdf>
- Torres, E. G. (2009). *Búfalos: Una especie promisoría*. Universidad Nacional de Colombia. <http://www.produccion-animal.com.ar>

- Villalobos-Barquero, V., y Meza-Montoya, A. (2018). Estimación de la producción de madera obtenida durante la operación de arrastre utilizando búfalos de agua en plantaciones de *Gmelina arborea* Roxb., Limón, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 15(36), 20–29. <http://hdl.handle.net/2238/12667>
- Villalobos-Barquero, V., y Meza-Montoya, A. (2019). Impacto en la densidad aparente del suelo provocado por el tránsito de búfalos (*Bubalus bubalis*) en arrastre de madera. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(2), 147–155. <https://doi.org/10.15359/rca.53-2.8>
- Villalobos-Barquero, V., Meza-Montoya, A., y Navarro-Cordero, A. (2019). Sistema de arrastre de madera combinando búfalos de agua con tractor agrícola. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 16(39), 53–60. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/4428>
- Zhang, Y., Colli, L., Sonstegard, T., Van Tassell, C., & Zhang, X. (2019). Asian water buffalo: Domestication, history and genetics. *Animal Genetics*, 50(2), 227–237. <https://doi.org/10.1111/age.12911>

